



(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 60 363.4  
(22) Anmeldetag: 20.12.2002  
(43) Offenlegungstag: 08.07.2004

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: H02N 2/04

(71) Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(74) Vertreter:  
Mitscherlich & Partner, Patent- und  
Rechtsanwälte, 80331 München

(72) Erfinder:  
Liskow, Uwe, 71679 Asperg, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu  
ziehende Druckschriften:

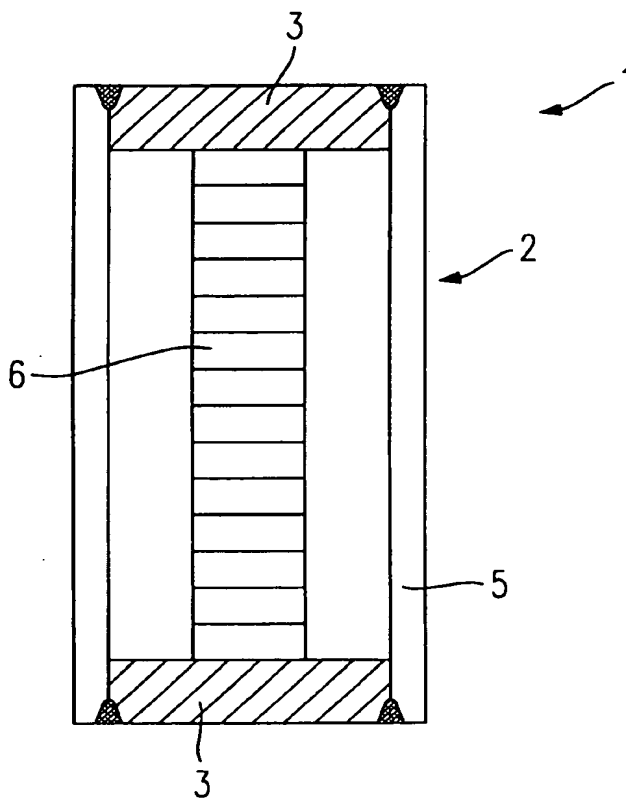
DE 199 05 726 C2  
DE 38 44 134 C2  
DE 199 37 209 A1  
DE 199 06 468 A1  
DE 196 50 900 A1  
DE 100 02 437 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: Aktormodul mit einem piezoelektrischen, elektrostriktiven oder magnetostruktiven Aktor

(57) Zusammenfassung: Ein Aktormodul (1) mit einem piezoelektrischen, elektrostriktiven oder magnetostruktiven Aktor (6), der über ein Federelement (2) zwischen zumindest zwei Auflagekörpern (3) mit einer Vorspannung eingespannt ist, ist dadurch gekennzeichnet, daß das Federelement (2) aus mehreren voneinander getrennt ausgeführten Federkörpern (5) besteht und jeder Federkörper (5) die zumindest zwei Auflagekörper (3) verbindet.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Brennstoffeinspritzventil nach der Gattung des Hauptanspruchs.

[0002] Beispielsweise ist aus der WO 95/08330 ein piezoelektrisches Aktormodul bekannt, mit einem Aktor, der in einen elastisch ausgebildeten einstückigen Hohlkörper eingeschoben ist. Der Aktor ist durch den Hohlkörper vorgespannt und an diesem mit seinem oberen und unteren Ende kraft- und/oder formschlüssig verbunden.

[0003] Nachteilig bei dem aus der obengenannten Druckschrift bekannten piezoelektrischen Aktormodul ist insbesondere, daß der Hohlkörper durch seine einstückige Ausführung eine bestimmte Eigenfrequenz besitzt. Bei Auftreten von Schwingungen des Aktors, die der Eigenfrequenz des Hohlkörpers entsprechen, besteht die Gefahr, daß das gesamte Aktormodul ungedämpft zu schwingen beginnt. Der Aktor kann dabei beschädigt werden und außerdem nicht mehr kontrollierbar betätigt werden.

[0004] Nachteilig ist weiterhin, daß der im Hohlkörper verspannte Aktor nicht mehr von außen zugänglich ist. Insbesondere ist dadurch eine Kontaktierung des zumeist vielschichtigen Aktors nach der Montage im Hohlkörper nicht möglich. Außerdem ist eine Korrektur der Kontaktierung der einzelnen Schichten des Aktors nicht möglich. Dies ist unvorteilhaft, da die Funktion des Aktors im verspannten, endmontierten Zustand ermittelt wird. Wird beispielsweise festgestellt, daß einzelne Schichten des Aktors ausgefallen sind, können vorher im Aktor vorhandene passive Schichten nicht nachträglich kontaktiert werden, um ausgefallene Schichten zu ersetzen. Eine Reparatur der Kontaktierung der Schichten des Aktors ist nur möglich, wenn das Aktormodul vorher aufwendig demontiert wird.

## Vorteile der Erfindung

[0005] Das erfindungsgemäße Aktormodul mit den Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß Resonanzen wirksam verhindert werden. Dabei wird ausgenutzt, daß zwei voneinander getrennt ausgeführte Federelemente unterschiedliche Eigenfrequenzen besitzen können. Wirkt eine Schwingung auf den Aktor, die der Eigenfrequenz eines Federelements gleicht, wird diese Frequenz von dem anderen Federelement mit anderer Eigenfrequenz bedämpft.

[0006] Die Kontaktierung des Aktors kann vorteilhafterweise nach der Montage des Aktors zwischen den Federkörpern erfolgen. Dadurch können, nach einer Funktionsprüfung des Aktors, eventuell ausgefallene Schichten des Aktors durch eine Änderung der Kontaktierung der Schichten des Aktors durch vorher passive Schichten ersetzt werden. Erfolgt die Kontaktierung des Aktors vor seiner Montage zwischen den Federkörpern und den Auflagekörpern, so

kann bei fehlerhafter Kontaktierung, welche beispielsweise bei der Funktionsprüfung des Aktors festgestellt wird, die Kontaktierung repariert werden, ohne das Aktormodul vorher zerlegen zu müssen. Die Vorspannkraft kann außerdem einfacher eingestellt werden.

[0007] Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterentwicklungen des im Hauptanspruch angegebenen Aktormoduls möglich.

[0008] In einer ersten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Aktormoduls spannt jeder der Federkörper den Aktor zu gleichen Teilen vor. Unzulässige Belastungen des Aktors werden dadurch vermieden. Dies wird auch dadurch erreicht, daß vorteilhafterweise die Federkörper gleichmäßig um die Längsachse des Aktors angeordnet sind oder wenn bei einer geraden Anzahl der mehreren Federkörper jeweils zwei gegenüberliegende Federkörper gleiches elastisches Verhalten aufweisen.

[0009] In einer zweiten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Aktormoduls sind die Federkörper durch Stoff- und/oder Formschluß, insbesondere durch Schweißen, mit den zumindest zwei Auflagekörpern verbunden. Je nach Bedarf läßt sich so beispielsweise die Festigkeit der Verbindung den Anforderungen anpassen. Außerdem kann die Verbindung so einfacher in den Herstellungsprozeß eingepaßt werden.

[0010] Vorteilhaft ist es zudem, daß zumindest einer der mehreren Federkörper im Vergleich zu einem anderen Federkörper eine andere Eigenfrequenz aufweist. Unerwünschte ungedämpfte Schwingungen lassen sich so unterdrücken.

[0011] Vorteilhaft ist es weiterhin, zumindest einen der mehreren Federkörper stabförmig, mit rechteckigem oder schalenförmigem Querschnitt, auszuführen. Dadurch lassen sich die Federkörper besonders einfach und damit kostengünstig herstellen und zudem in einfacher Weise den räumlichen Gegebenheiten anpassen.

[0012] Vorteilhaft weitergebildet werden kann das Aktormodul zudem, indem zumindest einer der mehreren Federkörper zumindest eine Ausnehmung aufweist. Durch die Ausnehmungen kann in besonders einfacher Weise das elastische Verhalten der Federkörper beeinflusst und eingestellt werden. Die Ausnehmung kann vorteilhafterweise in zumindest eine Längsseite des Federkörpers schlitzförmig, insbesondere durch Sägen oder Laserschneiden, oder konkav eingebracht sein. Die Ausnehmung kann dadurch in einfacher Weise hergestellt werden.

[0013] Vorteilhafterweise kann die Längsachse des Federkörpers, abweichend von einem geraden Verlauf, gebogen verlaufen. Beispielsweise über den dabei entstehenden Biegeradius kann das elastische Verhalten des Federkörpers beeinflusst werden.

[0014] Vorteilhaft ist es außerdem, die Auflagekörper rechteckig, rund oder dreieckig auszuführen. Eine gleichmäßige Belastung des Aktors durch die

Auflagekörper kann dadurch für verschiedene Anzahlen von Federkörpern sichergestellt werden.

[0015] Vorteilhaft ist es weiterhin, zumindest einen der mehreren Federkörper und/oder zumindest einen der Auflagekörper zumindest teilweise aus Metall, insbesondere aus Stahl, herzustellen, da die elastischen Eigenschaften von Metallen, insbesondere von Stahl, beispielsweise bei gleichen geometrischen Abmessungen des Federkörpers, sehr genau reproduzierbar sind.

### Zeichnung

[0016] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

[0017] **Fig. 1** eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Aktormoduls,

[0018] **Fig. 2** eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines Federkörpers mit konkaven Ausnehmungen,

[0019] **Fig. 3** eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels eines Federkörpers, dessen Längsachse gebogen verläuft,

[0020] **Fig. 4** eine schematische Darstellung eines dritten Ausführungsbeispiels eines Federkörpers mit schlitzförmigen Ausnehmungen,

[0021] **Fig. 5** eine schematische Darstellung eines vierten Ausführungsbeispiels eines Federkörpers ohne Ausnehmungen und gerade verlaufender Längsachse,

[0022] **Fig. 6** eine schematische Darstellung des ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Aktormoduls in der Draufsicht,

[0023] **Fig. 7** eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Aktormoduls in der Draufsicht,

[0024] **Fig. 8** eine schematische Darstellung eines dritten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Aktormoduls in der Draufsicht und

[0025] **Fig. 9** eine schematische Darstellung eines vierten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Aktormoduls in der Draufsicht.

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0026] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung beispielhaft beschrieben. Übereinstimmende Bauteile sind dabei in allen Figuren mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen.

[0027] Ein in **Fig. 1** dargestelltes erfindungsgemäßes Aktormodul **1** weist ein Federelement **2** bestehend aus zwei Federkörpern **5**, zwei Auflagekörper **3** sowie ein stabförmiger Aktor **6** mit z.B. quadratischem Querschnitt auf. Jeweils einer der beiden quadratischen und plattenförmigen Auflagekörper **3** ist mittig zur Längsachse des Aktors **6** am oberen bzw. unteren Ende des Aktors **6** angeordnet. Die quadrati-

sche Fläche der Auflagekörper **3** ist größer als die Fläche des quadratischen Querschnitts des Aktors **6**. An gegenüberliegenden Seiten der Auflagekörper **3** verlaufen zwei Federkörper **5** mit rechteckigem Querschnitt parallel zum Aktor **6**. Die Federkörper **5** sind stabförmig und an ihren Enden mit den Auflagekörpern **3** stoffschlüssig, in diesem Ausführungsbeispiel durch Schweißnähte **7**, gefügt. Die elastischen, in diesem Ausführungsbeispiel aus Stahl gefertigten Federkörper **5** spannen den Aktor **6** über die Auflagekörper **3** vor. Beispielsweise wird dies erreicht, indem der Aktor **6** mit den Auflagekörpern **3** vor der Erzeugung der Schweißnähte **7** gestaucht wird. Der Aktor **6** wird dabei um eine Länge gestaucht, die einer vorher bestimmten Kraft entspricht.

[0028] Eine Resonanz des Aktormoduls **1** wird dadurch verhindert, daß die Federkörper **5** bei gleichem elastischem Verhalten unterschiedliche Eigenfrequenzen aufweisen.

[0029] **Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung eines Federkörpers **5**, der stabförmig ist, einen rechteckigen Querschnitt aufweist und an zwei seiner vier Längsseiten gegenüberliegende, konkave Ausnehmungen **4** aufweist.

[0030] **Fig. 3** zeigt eine schematische Darstellung eines Federkörpers **5**, der stabförmig ist, einen rechteckigen Querschnitt aufweist und dessen Längsachse gebogen ist.

[0031] **Fig. 4** zeigt eine schematische Darstellung eines Federkörpers **5** mit schlitzförmigen, an den Längsseiten eingebrachten Ausnehmungen **4**. Der Federkörper **5** ist im Querschnitt rechteckig, wobei die Querschnittsfläche zwei gegenüberliegende lange Seiten und zwei gegenüberliegende kurze Seiten aufweist. Die Ausnehmungen **4** bilden Schlitzte, welche die an den langen Querschnittsseiten angeordneten Längsseiten miteinander verbinden und etwa zur Hälfte der Strecke der langen Querschnittsseite in den Federkörper **5** eingreifen. Da die schlitzförmigen Ausnehmungen **4** versetzt angeordnet sind, hat das Federelement **5** eine mäanderförmige Struktur.

[0032] **Fig. 5** zeigt eine schematische Darstellung eines stabförmigen Federelements **5** mit gerade verlaufender Längsachse, nicht gekrümmten, planaren Außenflächen und rechteckigem Querschnitt.

[0033] **Fig. 6** zeigt eine schematische Darstellung des ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Aktormoduls **1** in der Draufsicht. Deutlich sichtbar ist die quadratische Form des oberen Auflagekörpers **3**. Die beiden gegenüberliegenden Federkörper **5** sind jeweils mit einer ihrer breiten Längsseiten an ihren Enden mit dem oberen Auflagekörper **3** durch Schweißnähte **7** stoffschlüssig gefügt.

[0034] **Fig. 7** zeigt eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Aktormoduls **1** in der Draufsicht, ähnlich des ersten Ausführungsbeispiels von **Fig. 1** und **Fig. 6**. Im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel weist das in **Fig. 7** gezeigte Aktormodul **1** vier Federkörper **5** auf, wovon jeweils zwei gegenüberlie-

gende Federkörper 5 gleiches elastisches Verhalten aufweisen. In diesem Ausführungsbeispiel haben jeweils zwei gegenüberliegende Federkörper 5 gleiche Eigenfrequenzen.

[0035] Fig. 8 zeigt eine schematische Darstellung eines dritten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Aktormoduls 1 in der Draufsicht. Der in dieser Fig. 8 sichtbare Auflagekörper 3 ist teller- und kreisförmig. Die mit ihren jeweiligen Enden seitlich an dem Auflagekörper 3 angeschweißten beiden gegenüberliegenden Federkörper 5 sind im Querschnitt entsprechend gebogen, damit sie sich dem Verlauf des runden Auflagekörpers 3 an den Schweißnähten 7 anpassen.

[0036] Fig. 9 zeigt eine schematische Darstellung eines vierten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Aktormoduls 1 in der Draufsicht. In diesem Ausführungsbeispiel sind die Auflagekörper 3 dreieckig ausgeführt. Drei Federkörper 5 sind seitlich an dem Auflagekörper 3 gefügt.

[0037] Durch die Form, die geometrische Gestaltung und Anordnung und die Anzahl und den Ort der Ausnehmungen 4 im Federkörper 5, kann das elastische Verhalten des Federkörpers 5 beeinflusst werden. Das elastische Verhalten des Federkörpers 5 kann außerdem durch die Wahl und die Zusammensetzung des Materials und die geometrische Form des Federkörpers 5 beeinflusst werden. Auch die Eigenfrequenz des Federkörpers 5 kann durch die vorgenannten Parameter eingestellt werden.

[0038] Die Auflagekörper 3 können auf ihren dem Aktor 6 zugewandten Seiten nicht dargestellte Ausnehmungen oder Vertiefungen aufweisen, die den Aktor 6 formschlüssig gegen seitliche Verschiebung sichern und die Montage des Aktormoduls 1 vereinfachen.

### Patentansprüche

1. Aktormodul (1) mit einem piezoelektrischen, elektrostriktiven oder magnetostruktiven Aktor (6), der über ein Federelement (2) zwischen zumindest zwei Auflagekörpern (3) mit einer Vorspannung eingespannt ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Federelement (2) aus mehreren voneinander getrennt ausgeführten Federkörpern (5) besteht und jeder Federkörper (5) die zumindest zwei Auflagekörper (3) verbindet.

2. Aktormodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mehreren Federkörper (5) den Aktor (6) zu gleichen Teilen vorspannen.

3. Aktormodul nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Federkörper (5) durch Stoff- und/oder Formschluß, insbesondere durch Schweißen, mit den zumindest zwei Auflagekörpern (3) verbunden sind.

4. Aktormodul nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet, daß die Federkörper (5) gleichmäßig um die Längsachse des Aktors (6) angeordnet sind.

5. Aktormodul nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer geraden Anzahl der mehreren Federkörper (5) jeweils zwei gegenüberliegende Federkörper (5) gleiches elastisches Verhalten aufweisen.

6. Aktormodul nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest einer der mehreren Federkörper (5) zu einem anderen Federkörper (5) eine andere Eigenfrequenz aufweist.

7. Aktormodul nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest einer der mehreren Federkörper (5) stabförmig, mit rechteckigem oder schalenförmigem Querschnitt ausgeführt ist.

8. Aktormodul nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest einer der mehreren Federkörper (5) zumindest eine Ausnehmung (4) aufweist.

9. Aktormodul nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmung (4) in zumindest eine Längsseite des Federkörpers (5) schlitzförmig, insbesondere durch Sägen oder Laserschneiden, oder konkav eingebracht ist.

10. Aktormodul nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Längsachse des Federkörpers (5) gebogen verläuft.

11. Aktormodul nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auflagekörper (3) rechteckig, rund oder dreieckig ausgeführt sind.

12. Aktormodul nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest einer der mehreren Federkörper (5) und/oder zumindest einer der Auflagekörper (3) zumindest teilweise aus Metall, insbesondere aus Stahl, besteht.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

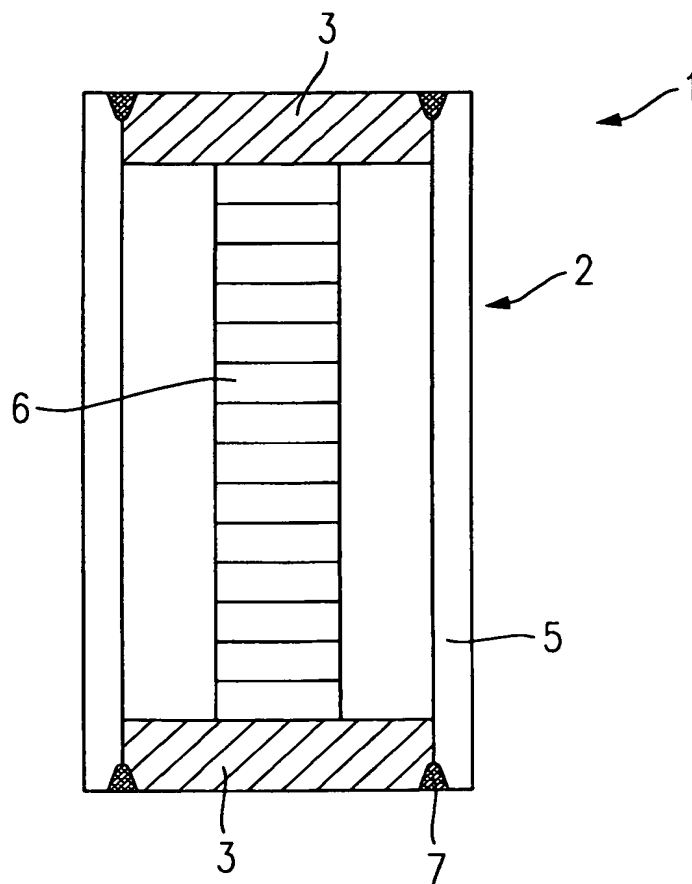


Fig. 2

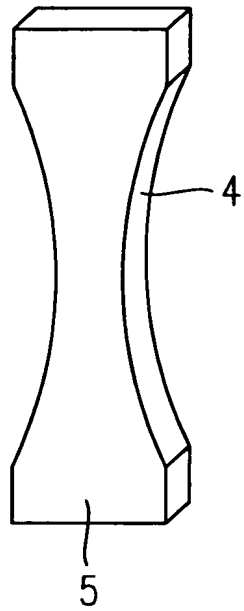


Fig. 3

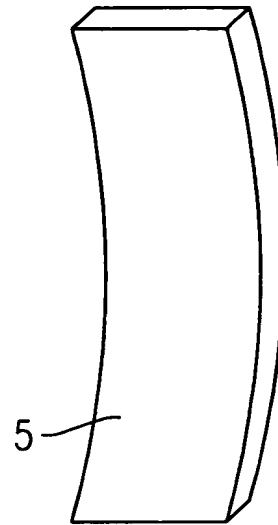


Fig. 4

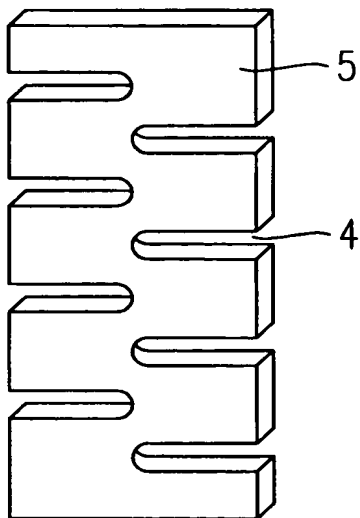


Fig. 5

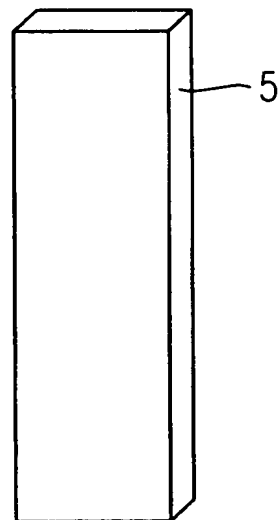


Fig. 6

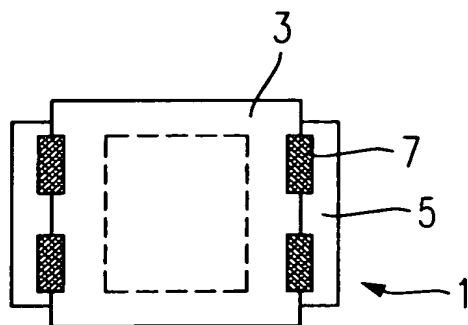


Fig. 7

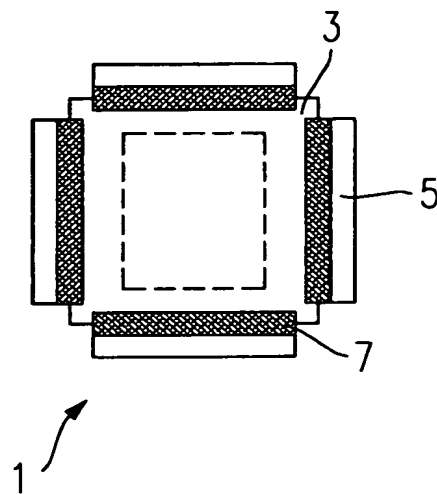


Fig. 8

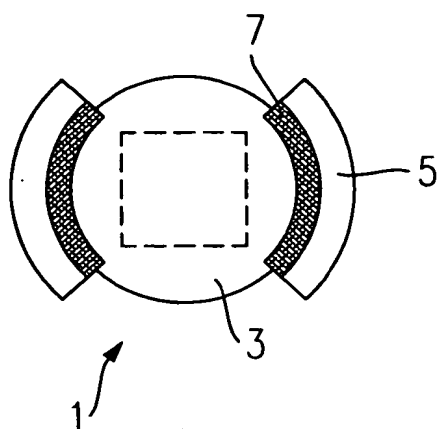


Fig. 9

